

BEST AVAILABLE COPY
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-036064

(43)Date of publication of application : 07.02.1995

(51)Int.Cl.

G02F 1/35
G02F 1/015
G02F 3/00

(21)Application number : 05-180520

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 21.07.1993

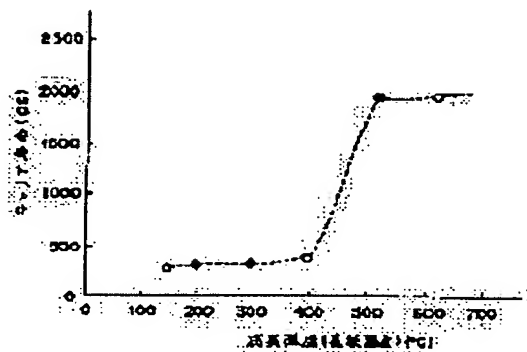
(72)Inventor : TAKAHASHI AKIRA
KAWAMURA YUICHI
IWAMURA HIDETOSHI
KAGAWA TOSHIKI

(54) PRODUCTION OF OPTICAL SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical semiconductor device capable of extremely shortening the life of carriers excited by irradiation with control light by growing a quantum well layer in a specific temp. range.

CONSTITUTION: The quantum well layer grown at a temp. lower than an ordinary growth temp., i.e., 150 to 400° C is used as an optical nonlinear material. A p type element or Be is added as a dopant into the quantum well layer during the low-temp. growth of the layer and further, the layer is subjected to an annealing treatment after the low-temp. growth. Recombination centers are considered to be formed at a deep level if the growth is conducted at 150 to 400° C by lowering the temp. in such a manner and, therefore, the life of the carriers is speeded up to about 100 picoseconds. The carriers decrease down to about 1 picosecond if the p type element or Be is introduced into the layer during the growth. Further, the doped acceptors are activated to compensate the carriers generated during the low-temp. growth of the quantum well layer after the growth is subjected to the annealing treatment at about 500° C and, therefore, the extremely high-resistance quantum well layer is obtd.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3268560

[Date of registration] 18.01.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-36064

(43) 公開日 平成7年(1995)2月7日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35		9316-2K		
1/015	5 0 5			
3/00		9316-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-180520

(22) 出願日 平成5年(1993)7月21日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 高橋 亮

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 河村 裕一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 岩村 英俊

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

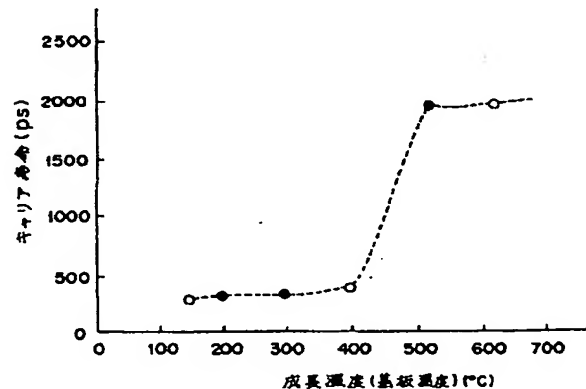
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 制御光の照射によって励起されたキャリアの寿命を極めて短くすることのできる光半導体装置を得る製造方法を提供する。

【構成】 光非線形材料を150℃～400℃で成長させて量子井戸層を構成し、さらにこの低温成長中にドーパントとしてp型元素またはBeを添加し、さらにまた、この量子井戸層の成長後にアニール処理を施す。



As₂S₃ 低温成長
Beドープ量子井戸構造

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板上に量子井戸層を積層させて活性層とする光半導体装置の製造方法において、前記量子井戸層を 150℃から 400℃で成長させることを特徴とする光半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記量子井戸層にドーパントとして p 型元素または Be を添加することを特徴とする請求項 1 に記載の光半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記量子井戸層を形成後に、アニール処理を行う工程を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信・光情報処理システムを構成すると期待される光交換・光中継器などに利用可能な光論理・光スイッチ動作を行う光半導体装置の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図 1 に光非線形材料として半導体量子井戸層 1 を用いて、高反射膜 2 で挟んだ共振型光スイッチの構造図を、図 2 に動作の原理図を示す。この構造の光スイッチにおいては、制御光パルス 3 の照射されない状態では、共振器の透過スペクトルは、図 2 の実線となり、信号光パルス 4 は透過されない。これに対し、制御光パルス 3 が照射されると、量子井戸層 1 の屈折率が変化するため、共振ピークは点線で示したようにシフトし、そのため、信号光 4 は透過するようになる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記共振器型光スイッチを例として説明したように、従来の光スイッチ動作機能をもつ全ての光半導体装置においては、制御光を照射させることによりキャリアを励起し、材料の屈折率を変化させ、その結果、光スイッチ動作が行われる。この時に励起されるキャリアの寿命は、数十ノ秒と長い。そのため、従来の光半導体装置では制御光の照射以前の状態への回復が遅くなり、高速なスイッチ動作が困難となる。従って、従来の光半導体装置において、高速な光スイッチ動作をさせるには、励起されたキャリアの寿命を極めて短くすることが必要になる。これが、本発明が解決しようとする課題である。すなわち、本発明の課題は、制御光の照射によって励起されたキャリアの寿命を極めて短くすることのできる光半導体装置を得るための製造方法を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明方法の第 1 の特徴は、光非線形材料として通常の成長温度より低い温度、すなわち、150℃～400℃で成長させた量子井戸層を用いることにある。

【0005】また、本発明方法の第 2 の特徴は、前記量子井戸層の低温成長中にドーパントとして p 型元素また

は Be を添加することにある。

【0006】さらに、本発明方法の第 3 の特徴は、前記量子井戸層の低温成長後、アニール処理を施すことにある。

05 【0007】

【作用】従来、ガスソース分子線エビタキシー (MBE) 装置では、量子井戸層の成長を 500℃程度で行う。このとき、励起されたキャリアは、発光再結合過程が支配的となるため、得られた光半導体装置は、レーザ等の発光デバイスへの応用に極めて有用である。しかし、その反面、発光再結合過程によるキャリア寿命は、極めて長く、数～数十ナノ秒であるため、この光半導体装置では、初期状態への回復が遅くなり、高速スイッチの作成が困難である。

15 【0008】これに対し、本発明のように、温度を下げて、150℃～400℃で成長を行うと、深い準位に再結合中心が形成されると考えられ、そのためキャリアの寿命は 100 ピコ秒程度まで高速化される。この量子井戸層の成長を 150℃未満で行なうと、励起子による吸収の波長変化が生じないと思われる。そのため、成長温度として利用し難い。また、成長温度が 400℃を越えると、キャリア寿命が長くなり始めるため、400℃を越える成長温度も利用できない。また、成長中に p 型元素または Be を導入すると、キャリア寿命は 1 ピコ秒程度まで低減することが可能となる。さらに、成長後の量子井戸層を 500℃程度の温度でアニール処理を施すと、ドーパされたアクセプタが活性化し、低温成長中に発生したキャリアを補償するため、極めて高抵抗な量子井戸層とすることができ。よって、この量子井戸層を上記光半導体装置の光非線形材料として用いれば、極めて高速な全光型光スイッチの作成が可能となる。

【0009】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

35 【0010】(実施例 1) 本発明において目的とする光半導体装置に好適に用いることのできる量子井戸層を分子線エビタキシー法により成長させた。用いた装置は、周知の分子線エビタキシー装置であり、下記の成長条件にて行なった。なお、アクセプタとしては、Be をドーブした。

【0011】

(i) III 族ソース : In, Ga, Al (メタル)
(ii) V 族ソース : AsH₃ ガス (流量 2 c c m)
(iii) 成長中の真空度 : 1.3×10^{-5} Torr
(iv) 基板回転速度 : 20 r p m
(v) 成長速度 : $2.6 \mu\text{m/h}$
(vi) 成長温度 : 200℃

50 前記のようにして、ガスソース分子線エビタキシー装置

により 200℃ で成長され、アクセプタとして Be をドーピングした InGaAs/InAlAs 量子井戸層の透過率変化を、ポンプ・プローブ法により測定した例を、図 3 に示す。この吸収回復時間は、キャリア寿命を反映しており、量子井戸層は数ピコ秒で初期状態へ回復することを意味している。

【0012】前記と同様の条件で、成長温度のみを 150℃, 200℃, 300℃, 400℃, 600℃ と変化させ、量子井戸層を成長させた。各温度により成長させた量子井戸層のキャリア寿命を測定したところ、図 4 の結果が得られた。図から明らかなように、成長温度が 400℃ を越えると、キャリア寿命が長くなり始めるので、成長温度は 400℃ 以下が好ましい。また、150℃ 近傍では、キャリア寿命の値に問題はないが、150℃ 未満になると、励起子による吸収の波長変化が生じなくなる可能性が大きいので、150℃ 未満での成長は避けるべきである。

【0013】次に、Be ドープ量の変化が、キャリア寿命に及ぼす影響について調べるために、前記と同様の条件で、Be ドープ量のみをドーピング量 0 cm^{-3} から約 8 cm^{-3} まで 4 通りに変化させて量子井戸層を成長させ、それぞれのキャリア寿命を測定した。その結果を図 5 に示す。なお、比較のために、成長温度 500℃ において成長させた量子井戸層のドーピング量変化に対するキャリア寿命の変化も図 5 に合わせて示した。図から明らかなように、200℃ での成長では、Be をドーピングすることによって、キャリア寿命が急激に短くなることがわかる。

【0014】したがって、上記 Be ドープ低温成長量子井戸層を、前記の共振型光スイッチに、その光非線形材料として用いると、従来デバイスより 3 桁程度高速な光スイッチを作成することが可能となる。

【0015】(実施例 2) 前記と同様にして、Be ドープ低温成長量子井戸層を構成し、この量子井戸層を、光導波路として、図 6 に示す構造の光スイッチを形成した。また、図 7 には、この光スイッチの原理の説明図を示す。この光スイッチは、図に示すように、InP 層 5, 6 間に光導波路となる InGaAs/InAlAs 量子井戸層 7 を形成した構造であり、光導波路である量子井戸層 7 の一部に回折格子 8 が形成されている。このように、この光スイッチの光導波路の一部には回折格子 8 が形成されているため、ブラッグ波長に一致した光信号のみを反射させる。今、信号光パルス 9 の波長をこのブラッグ波長に合わせておくと、出力光は、図 7 に示すように、ゼロの状態となる(実線)。そのとき、励起パルス 10 をこの回折格子 8 へ照射し、キャリアを励起すると、回折格子 8 部分の屈折率が変化するため、ブラッグ波長も点線で示したようにシフトする。そのため、入力光は透過状態へ移行し、出力光が得られるようになる。回折格子 8 部分は Be ドープ低温成長量子井戸層 7 で形成されているため、上記したように、励起されたキ

ャリアは、高速に消滅する。そのため、量子井戸層 7 は、素早く初期状態へ緩和し、その結果、高速な光スイッチが可能となる。

【0016】(実施例 3) 図 8 に示すように、実施例 1 と同様の Be ドープ低温成長量子井戸層 7 を光導波路とするマッハツェンダ型光スイッチを形成した。図中、11, 12 は InP 層であり、13 はリッジである。図に示したように、光導波路は途中で分岐し、その後再び結合するマッハツェンダ干渉計を構成しているため、励起光パルス 14 が照射されない状態では、合波した信号光パルス 15 の位相は一致しており、そのため、そのまま出力される。分岐した光導波路の一方に励起光パルス 14 を照射し、キャリアを励起すると、その部分の屈折率が変化し、光学的経路長が変わる。図 9 に示すように、そのときの変化量 $\Delta n L$ (Δn : 屈折率の変化量、 L : 励起光照射部の長さ) が信号光の半波長に一致するように調整すると、合波した信号光の位相は逆相となるため、信号光は出力されないようになる。光導波路部分は Be ドープ低温成長量子井戸層 7 で形成されているため、上記したように励起されたキャリアは迅速に消滅し、素早く初期状態へ緩和して高速な光スイッチが可能となる。

【0017】なお、上記実施例では、結晶の材料として InGaAs/InAlAs 系について述べてきたが、InGaAs/In(Ga)AlAs 系、AlGaAs/GaAs 系、InGaAs/GaAs 歪超格子系、InGaAs/InGaAsP 歪超格子系においても同様の効果が実現できることは言うまでもない。

【0018】また、上記実施例では、ガスソース分子線エピタキシー法により製造を行なったが、本発明は、通常の分子線エピタキシー法にも適用できるのはもちろんである。

【0019】

【発明の効果】以上説明したように、本発明方法は、光非線形材料として、非線形性が大きく、極めて高速に緩和する p 型元素または Be をドーピングした低温成長量子井戸層を用いて光半導体装置を構成するものであり、上記したように励起されたキャリアは高速に消滅するため、素早く初期状態へ緩和し、高速な光スイッチが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の共振型光スイッチの構成図である。

【図 2】従来の共振型光スイッチの原理を説明するグラフである。

【図 3】本発明の実施例を説明するためのもので、ポンプ・プローブ法による Be ドープ低温成長量子井戸層の可飽和吸収回復時間の測定結果を示すグラフである。

【図 4】本発明の実施例を説明するためのもので、本発明方法により構成した光半導体装置における量子井戸層の成長温度とその励起キャリアとの関係を示すグラフで

ある。

【図5】本発明を説明するためのもので、量子井戸層へのBeドーパ量と量子井戸層の励起後の初期状態への緩和時間（キャリア寿命）との関係を示すグラフである。

【図6】本発明方法により形成した回折格子を有する導波路型光スイッチの構成図である。

【図7】本発明方法により形成した回折格子を有する導波路型光スイッチの原理を説明するグラフである。

【図8】本発明方法により形成したマッハツェンダ型光スイッチの構成図である。

【図9】本発明方法により形成したマッハツェンダ型光

スイッチの原理を説明するグラフである。

【符号の説明】

5, 6 InP層

7 InGaAs/InAlAs 量子井戸層

8 回折格子

9 信号光パルス

10 励起光パルス

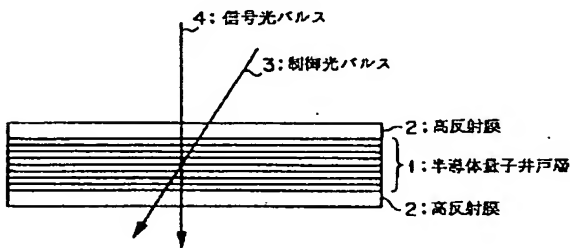
11, 12 InP層

13 リッジ

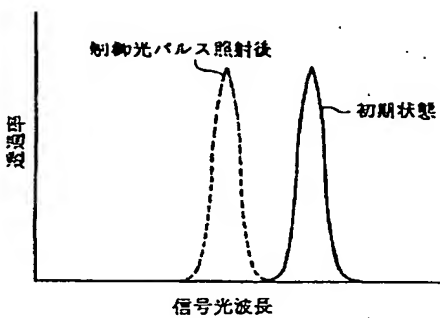
14 励起光パルス

15 信号光パルス

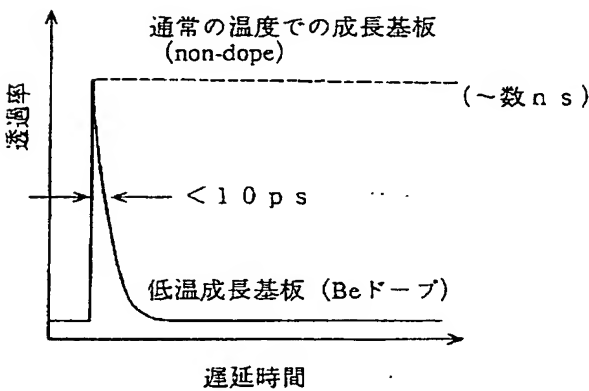
【図1】



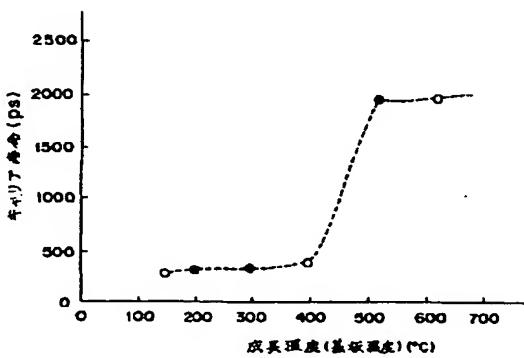
【図2】



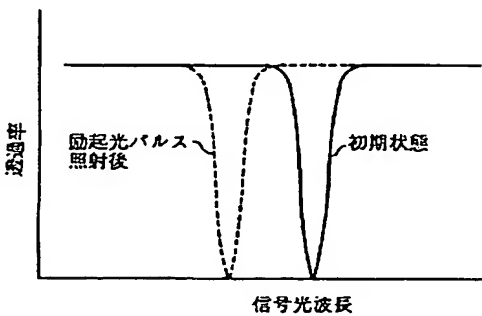
【図3】



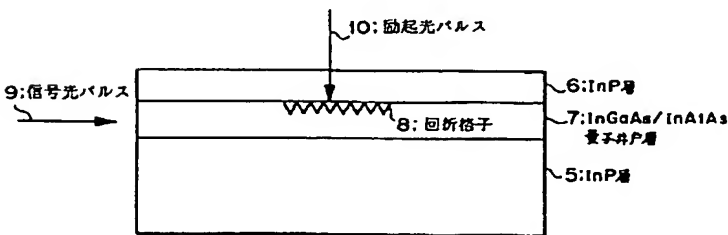
【図4】



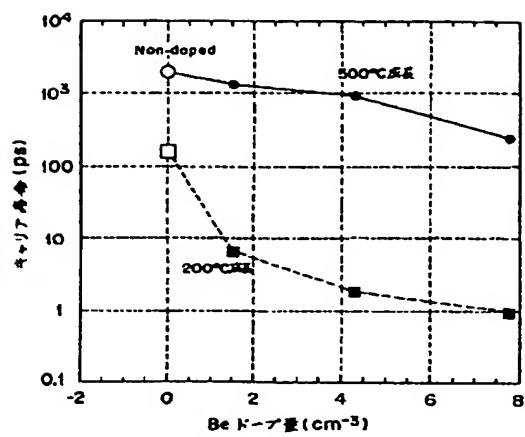
【図7】



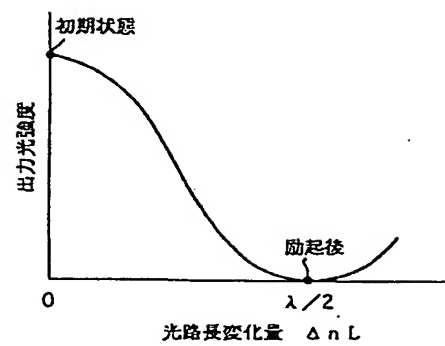
【図6】



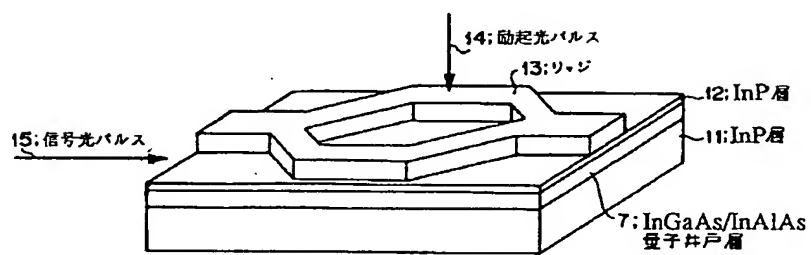
【図 5】



【図 9】



【図 8】



フロントページの続き

(72) 発明者 香川 俊明
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.